پروفیسر عبدالقیوم *

۱

کائنات کے ارتقاء کے مختلف ادوار

فی الحال، مشاہدات سے عائد ہونے والی بندشوں [کائنات کا پھیلاؤ، ہلکے عناصر ($A<7$) (بالخصوص ہیلیئم اور ڈیوٹیریئم کی باہمی اِفراط) کے معلوم اِرتکازات، کائنات کی کمیّاتی کثافت سے ہم آہنگ ہونے والی نیوکلیائی عناصر کی تشکیل، آگ کے گولے کے بچے کھچے اَشعاع کے درجۂ حرارت ($3^{o}K$)] کی تشفی کرنے والا علم الکائنات فقط ''(گرم) بڑادھاکہ علم الکائنات'' ہی معلوم ہوتا ہے۔

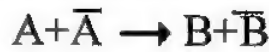
ڈیڑھ سو سالوں سے زیادہ عرصے پر پھیلے جید عالموں اور ماہروں کی نظریاتی اور تجرباتی تفتیش سے یہ بات سامنے آئی کہ کائنات کی ابتداء اور اُس کی حالت سے متعلق کمّی طبیعیات (کوانٹم فزکس) اور نظریاتِ اضافیت کی ہر پیشین گوئی یا تو درست ثابت ہو چکی ہے یا کم از کم غلط ثابت نہیں ہوئی ہے۔ یہی وجہ ہے کہ سائنس داں اِس علم الکائنات تک اِس بھرپور اعتماد کے ساتھ کہ وہ وقت میں کوئی پندرہ ارب سال پیچھے تک دیکھ سکتے ہیں اور ہماری کائنات کی پیدائش کے خدوخال نمایاں کر سکتے ہیں رسائی پا سکے۔

اِس بات سے قطع نظر کہ بِدائی اجزاء کی شروعات کیسے ہوئی، ہم آج یہ باور کرتے ہیں کہ 13.7 ارب سال پہلے (کائنات کی ابتداء یعنی وقت $t=0$ پر) ہماری ساری کائنات محض ایک ایٹمی نواتے (نیوکلیئس) کی سرحد کی حدوں میں قید تھی جسے ہم ایک نُدرت (سِنگیولاریٹی) کا نام دیتے ہیں۔ یہ وہ صورت تھی جب فضا اور وقت تک موجود نہیں تھے۔ بڑادھاکہ علم الکائنات کی رُو سے، جو جیسا کہ ہم نے کہا ہم مان کر چلتے ہیں کہ ہماری کائنات کو سمجھا سکتا ہے، بڑے دھاکہ کے وقت جب کائنات کھربوں کھربوں درجے گرم تھی ایٹم سے بھی چھوٹے بنیادی ذرات اور یوں مادّہ۔توانائی اور فضا۔وقت وجود میں آئے۔ گرم کثیف گیس، جو اَشعاع، مادّہ اور مخالف مادّہ اجزاء پر مشتمل تھی، باہم حرارتی توازن میں تھی۔

کمّی نظریے کے مطابق دھاکہ کے چند لمحوں یعنی 10^{-43} سکنڈ بعد (جسے پلینک وقت $(Gh/2\pi c)^{1/2}$ کہتے ہیں) قدرت کی چار قوتیں (طاقتور، کمزور، برقومقناطیسی اور ثقل) ایک متحدہ ''فرط قوت'' کی شکل میں جُڑی ہوئی پائی جاتی تھیں۔ 10^{-43} اور 10^{-35} سکنڈ کے درمیان ہم اعلیٰ اِکٹھائی نظریہ (گرینڈ یونیفائیڈ تھیوری) سے یہ باور کرتے ہیں کہ ایک کلیتاً متماثل (سِمٹرک) حالت وجود رکھتی تھی: سوائے ثقل کے سارے تبادلاتِ فعل ایک ہی زور کے حامل تھے۔ کوارکس، گوندیے (گلوآنس)، X-ذرے، نوریے (فوٹانس)، ہلکیے (لیپٹانس) اور اُن کے مخالف ذرے (اینٹی پارٹیکلس) سب تقریباً مساوی ترکز (کانسنٹریشن) میں موجود تھے اور مسلسل تفاعل

---

* شعبۂ طبیعیات، علی گڑھ مسلم یونیورسٹی، علی گڑھ-۲۰۲۰۰۲ (یوپی) انڈیا۔

$$A+\overline{A} \longrightarrow B+\overline{B}$$

یا اِس کے معکوس (اِنورس) کی طرح ایک دوسرے میں بدلتے پائے جاتے تھے۔ کچھ وجوہات کی بناء پر مادّے کے ذرات کی تعداد، مخالف مادّے کے ذرات کی تعداد سے ایک عامل 1.000000001 کی حد تک زیادہ تھی، اور اِس تماثل شکنی (سمٹری بریکنگ) کی وجہ سے جب %99.999999 شدید یے (ہیڈرانس) فنا ہو گئے تو 10^{-7}% بچ گئے تاکہ بعد میں چل کر اِن سے کہکشائیں (گیلیکسیاں، مجرّے) وغیرہ بن سکیں۔ اِبتدائی کائنات میں بنیادی تماثلوں کے ٹوٹنے سے کائنات میں جیسا کہ کہا جاتا ہے پھلانے کا عمل (اِنفلیشن) ہوا۔ ذرات کی اِس تخلیق اور فنا کے دوران کائنات روشنی کی رفتار سے کئی گنا زیادہ تیزی سے پھیل رہی تھی جس کے نتیجے میں بالآخر تپش کم ہو کر (اضافیاتی حالت میں $T \alpha\ (1/R)$ ہونے کی وجہ سے) $kT \sim KE_A < M_Bc^2 - M_Ac^2$ ہو جاتی ہے جس سے اگر $M_B < M_A$ ہو تو عمل $A + \overline{A} \longrightarrow B + \overline{B}$ توانائی بقا کے سبب ممنوع ہو جاتا ہے مگر اُس کا معکوس عمل البتہ جاری رہتا ہے۔ اِس طرح جیسے جیسے کائنات پھیلتی جاتی ہے، ایک کے بعد ایک وزنی تر ذرات گرم باہمی تبادلِ فعل کرتی گیس میں سے ''منجمد'' ہو کر نکل آتے ہیں جو تعداد میں یا تو ثابت ہو جاتے ہیں (جو اگر شروع میں B اور $\overline{B}$ مساوی تعداد میں ہوں تو یوں بھی صفر ہو سکتی ہے) یا پھر متاخر اً زائل ہو کر معدوم ہو سکتے ہیں۔

کوارک دَور (کوارک اِیرا):

کوارک دَور میں مجوزہ X-ذرے (کمیتِ مادّہ 10^{14}Gev، متساوی تپش $10^{27\,o}$K) جو ایک کھیت کے کم (فیلڈ کوانٹم) کے طور پر کوارکوں کی ہلکیوں (لیپٹانس) میں تبدیلی اور اُس کے معکوس کے عمل کی بیچ کی کڑی ہوتے ہیں، زائل ہونے لگتے ہیں۔ کائنات کے پھیلاؤ کے سبب، کائنات کی اوسط توانائی (تپش) X-ذرے کی متساوی کمیّت مادّہ سے کم مقدار کی ہو گئی۔ اِس کے نتیجے کے طور پر X-ذرے ''منجمد'' ہو گئے اور طاقتور اور کمزور نیوکلیائی تبادلاتِ فعل علیحدہ ہو گئے۔ مزید علیحدگی تقریباً 10^{-10} سکینڈ پر اُس وقت واقع ہوئی جب توانائی تقریباً 100 GeV $(T \sim 10^{15\,o}K)$ کی حد تک گر گئی (جو W اور Z بوسیوں (بوسانس) کی کمیاتِ مادّہ کے متطابق ہوتی ہے) اور اِس مرحلے پر برقو مقناطیسی اور کمزور نیوکلیائی تبادلاتِ فعل باہم علیحدہ ہو گئے۔ اِسی طرح 10^{-10} سکینڈ سے 10^{-6} سکینڈ کے درمیان اوسط توانائیاں لگ بھگ 1GeV $> M_{quark}c^2$ کے اطراف ہونے کی وجہ سے اب کوارک، مخالف کوارک اور گوند یے 'منجمد' ہو گئے اور بالآخر آزاد ذروں کی طرح باقی نہ رہ سکے۔ جیسے ایک اسپنج میں پانی پھنس جاتا ہے، اَشعاع اِس قدر کثیف (10^{14} گرام فی مکعّب سینٹی میٹر) تھا کہ کوئی بھی روشنی اُس سے پار ہو کر دکھائی نہ دے سکتی تھی۔ ''آخری بکھراؤ'' کے دَور سے موسوم اِس دَور میں اب تپش گر کر محض $10^{13\,o}$K کی حد تک رہ گئی تھی اور طاقتور، کمزور اور برقو مقناطیسی تبادلاتِ فعل نے اپنی علیحدہ علیحدہ قوتوں کا اظہار کرنا شروع کر دیا تھا۔

شدید یہ دَور (ہیڈران ایرا):

کوارکوں اور مخالف کوارکوں نے جُڑ کر شدید یے بنائے اور کوئی 10^{-6} سکینڈ پر شدید یہ دَور کا آغاز کیا۔ X-ذروں کے زوال سے ہونے والی کوارکوں کی بڑھی ہوئی افراط، مخالف۔ وزینوں کی نسبت، وزینوں کی بڑھی ہوئی افراط میں تبدیل ہو گئی۔ $kT > M_{hadron}c^2$ کے دَور کی گرم گیس میں متعدد شدید یے اور مخالف شدید یے تھے۔ جب کائنات کی توانائی مزید

کم ہوئی، فرطیے (ہائپرانس) اور وزنی وسطیے (میزانس) اپنے مخالف ذروں سے پہلے اِفنا پائے۔ لیکن جب kT،
140MeV یا $T\sim10^{12}\ {}^{o}K$ کے نیچے گرتا ہے تو پائی وسیطے (پائی آنس) (10^{-8} سیکینڈ اور 10^{-16} سیکینڈ کی حیاتی مدت
(لائف ٹائم) کے ساتھ) جو کہ سب سے ہلکے شدیدیے ہوتے ہیں اَب پیدا نہیں ہو سکتے۔ زوال اور فنا کے ذریعے یہ جلد ہی
ختم ہو جاتے ہیں، حتیٰ کہ باقی شدیدیوں میں فقط مستقر اوّلیے (پروٹانس) اور نسبتاً مستقر متعادلے (نیوٹرانس)، نوریوں
(فوٹانس) اور کمزور تبادل فعل کرتے ہلکیوں کے ساتھ حرارتی توازن میں رہ جاتے ہیں۔

شدید یہ دَور کے اختتام پر، خارجی کھیت یا قوت کی موجودگی میں، غالب تبادلاتِ فعل میں برقو مقناطیسی $\gamma+\gamma \rightarrow$
$e^{+}+e^{-}$ اور روکنے پر اَشعاع (برہم شرہلنگ) عملیے جیسے $e+\gamma\rightarrow e$ اور $e+\gamma\rightarrow e$ ہوتے ہیں۔ چوں کہ یہ عملیے باہمی توازن
میں ہوتے ہیں تو چارج کے بقا کے لیے ضروری ہوتا ہے کہ نوریوں کی تعداد بھی بقا پائے۔ شدید یہ دَور کے اختتام پر نوریہ
کثافت مستقل ہوتی ہے اور نوریہ اور نوویہ (نیوکلیان) کثافت کی نسبت (ریشیو) 10^{10} ہوتی ہے۔ حرنا گذار (ایڈیابیٹک)
پھیلاو سے دکھایا جا سکتا ہے کہ پھیلتی ہوئی نواۃ گیس $T_m\ \alpha (1/R^2)$ کی طرح ٹھنڈی ہوتی ہے (جہاں T_m مادّہ تپش کو
ظاہر کرتا ہے) جب کہ نوریہ گیس $T_\gamma\ \alpha\ (1/R)$ کی طرح برتاؤ کرتی ہے۔ لیکن حرارتی توازن میں ($T_m = T_\gamma$) گیس
بہت ''گرم'' تھی جہاں 10^{88} نوریے بڑی تپش پر 10^{78} نوویوں کو متوازن کیے ہوئے تھے۔ اِس مرحلے پر $\rho=\rho_o(T/T_o)^3$
اور $n = n_o(T/T_o)^3$ سے دیا جاتا ہے۔ وقت اور تپش کا رابطہ $t_{exp} \sim (10^{10}\ \kappa/T)$ ہوتا ہے۔ سوائے کچھ خفیف سی
تصحیحوں کے یہ وقت۔ تپش رابطہ وہی ہے جو عام اضافیت سے حاصل ہوتا ہے۔ اگرچہ کہ یہ $T\sim10^{12}\ {}^{o}K$ پر حاصل کیا گیا
ہے لیکن یہ $10^{12}\ {}^{o}K > T > 10^{3}\ {}^{o}K$ کی پوری مدی (رینج) پر کم و بیش درست پایا جاتا ہے جو مدی کہ کائنات کے پورے
اَشعاع کے غلبے کے دَور کو ظاہر کرتی ہے۔

ہلکیہ دَور (لیپٹان ایرا):

ہلکیہ دَور کے شروع میں kT~100 MeV اور $t\sim10^{-4}$Sec تھا اور نوریوں کے مقابلے کوئی چھ گنا زیادہ ہلکیے
(e^{-},μ^{-},ν) اور مخالف ہلکیے $(e^{+},\mu^{+},\bar{\nu})$ تھے۔ چونکہ میؤیے (میوآنس) کی سکونی کمیّت مادّہ توانائی کوئی 10^6Mev
ہوتی ہے وہ $10^{12}K>$ تپش پر $(\mu^{+} + \mu^{-} \rightarrow 2\gamma)$ تفاعل کے ذریعے غائب ہو گئے۔ جیسے تپش مزید کم ہوئی آگ کے
گولے سے جو اِس کے بعد ہلکیئے منجمد ہو کر نکل آئے وہ متعادلچے (نیوٹرینوز) اور مخالف متعادلچے (اینٹی نیوٹرینو) تھے۔
ہلکیہ دَور اُس وقت ختم ہوتا ہے جب kT~0.5MeV یعنی $T\sim10^{10}K$ تھا کیونکہ تب $e^{+}+e^{-} \rightarrow \gamma+\gamma$ تفاعل کا ہونا
بند ہو جاتا ہے جب کہ اِس کا معکوس تفاعل برابر جاری رہتا ہے اور باقی بچے سارے مثبتیوں (پازیٹرانس) کو فنا کر دیتا ہے۔
ہلکیہ دَور کے دوران متعادلچوں کا عدم تقارن (ڈی کپلنگ) ہوا۔ اِس سے پہلے تیز ذرہ تفاعلوں کے سبب متعادلچے دیگر اور
ذروں سے توازن میں رہ رہے تھے۔ جیسے جیسے کثافت اور تپش میں کمی آئی، تفاعل شرحیں بھی کم ہوتی گئیں اور بالآخر یہ
شرحیں متعادلچوں کو توازن میں رکھنے کے لیے ناکافی ہو گئیں۔ اِس مرحلے پر کائنات کے دو ہم۔ مرکزی آگ کے بگولے
تھے، ایک جو متعادلچوں پر مشتمل تھا اور دوسرا جو بنیادی طور پر 10^{88} نوریوں اور کوئی 10^{78} نوویوں اور اِس کے آدھے سے
کچھ زیادہ برقیوں پر مشتمل تھا (جس سے مثبت چارج والے اولیوں کا چارج منسوخ ہو کر کائنات مجموعی طور پر صفر چارج والی
تھی)۔ اب دیگر اور قسم کے مادّے سے عدم تقارن پائے متعادلچے، مادّے سے بِنا کوئی خاص تبادلِ فعل کیے فضا میں

اشاعت پانے کے لیے آزاد تھے۔ محاسبہ بتاتا ہے کہ آج کل، فی مکعب سینٹی میٹر، کوئی 600 ایسے کائناتی متعادلے پائے جاتے ہیں، لیکن مادّے سے اُن کے ناقابلِ لحاظ تبادلاتِ فعل اُن کا مشاہدہ نہایت مشکل بنا دیتے ہیں۔

بدائی نوا تصطناع (پرائی موررڈیئل نیوکلیو سنتھیسس):

ہلکیہ دَور کے شروع میں جب تپش $T \sim 10^{12}K$ تھی تو نووی گیس میں مساوی تعداد میں اولیے اور متعادلے موجود تھے۔ شروعاتی دھماکہ کے بعد جب گیس کا بادل پورے ایک سیکنڈ پھیل چکا تو تپش دس ارب درجے تک گرگئی اور نوریوں میں اب اتنی طاقت نارہی کہ وہ مادّے کی تخلیق کو تہ و بالا کرسکیں اور توانائی کو مادّے میں بدل سکیں۔ کوئی تین منٹ بعد، اور ایک ارب درجے تپش پر، متعادلے اور اولیے اِس حد تک سست رَو ہو چکے تھے کہ نوا تصطناع واقع ہوسکے۔ تعداد کا توازن کمزور تبادلِ فعل بیٹا تزاول $n \to p + e^- + \bar{\nu}$ سے متاثر ہُوا ہوگا۔ ساتھ ہی متعادلے اور اوّلیے تفاعل $(n+p \to d + \gamma)$ سے ڈیوٹیران بنا سکتے تھے جس کی بندشی توانائی (بائنڈنگ ایزجی) 2.22 Mev ہوتی ہے۔ $(M_nc^2+M_pc^2 - M_dc^2 = 2.22 \text{ Mev})$۔ جیسے ہی ڈیوٹیران بنتا ہے یہ دیگر اور نوویوں اور ڈیوٹیرانوں سے جڑ کر ایک مستحکم مفید حالت، الفا-ذرہ، یعنی ہیلیئم کا نواۃ بنانے کی کوشش کرتا ہے جس کی بندشی توانائی Mev 228.34 ہوتی ہے۔ $(2M_nc^2+2M_pc^2 - M_\alpha c^2=228.34 \text{ Mev})$۔ ہم اِن تینوں عملوں، متعادلہ-اولیہ تبدیلی، ڈیوٹیران پیداوار اور ہیلیئم پیداوار کو یکے بعد دیگرے مختصراً وضاحت سے بیان کریں گے۔

(ا) متعادلہ-اولیہ تبدیلی:

ہلکیہ دَور کے بیچ میں پہنچتے پہنچتے تپش $10^{12}K$~ سے $10^{10}K$~ تک گرگئی اور متعادلوں کی اوّلیوں کے مقابلے نسبت ایک سے کم ہوکر 0.74 ہوگئی۔ یہ تبدیلی (ذیل کے تین ایک دوسرے سے مقابلہ کرتے تبادلاتِ فعل کے مجموعوں میں) متعادلوں اور اوّلیوں کی کمیاتِ مادّہ (یعنی 939.57 اور 938.28) میں ہلکے سے فرق سے اُبھرتی ہے:

$$p \to n + e^+ + \nu \quad \text{اور} \quad n \to p + e^- + \bar{\nu}$$

$$\bar{\nu} + p \to n + e^+ \quad \text{اور} \quad \nu + n \to p + e^-$$

$$p + e^- \to n + \nu \quad \text{اور} \quad e^+ + n \to p + \bar{\nu}$$

تفاعل $p \to n$ بمقابلہ $n \to p$ تفاعل کے $M_nc^2-M_pc^2=1.29$Mev کی زیادہ توانائی پر واقع ہوتا ہے جبکہ مذکورہ دیگر تفاعلات، اوسط آزاد راہ ملحوظات کی وجہہ سے ختم ہوجائیں گے۔ تابکاری نظریے سے پتہ چلتا ہے کہ ڈیوٹیران پیداوار اور ہیلیئم اصطناع سے ذرا پہلے، تپش $T \sim 10^{10}$ K پر، متعادلے اور اوّلیے کی کمیاتِ مادّہ کی کسر، زائل ہوکر 0.25~ رہ جاتی ہے۔

(ب) ڈیوٹیران پیداوار:

لگ بھگ اُسی وقت جب متعادلہ کمیّتِ مادّہ کسر قابل لحاظ حد تک کم ہونے لگتی ہے، باقی بچے متعادلے، اوّلیوں سے طاقتور طور پر تبادلِ فعل کر کے تفاعل $n+p \to d + \gamma$ کے ذریعے ڈیوٹیران اور نوریہ بناتے ہیں، جب کہ اس کا معکوسی عمل منجمد ہوجاتا ہے۔ جب آگ کا بگولہ ٹھنڈا ہوکر ڈیوٹیران بندش توانائی 2.22 Mev یا $T \sim 3x10^{10}$ K پر پہنچتا ہے، متعادلوں کی یہ کسر فوری طور سے ڈیوٹیرانوں میں مقفّل ہوجاتی ہے اور دورِ حاضر تک کے لیے محفوظ ہوجاتی ہے۔ کوئی

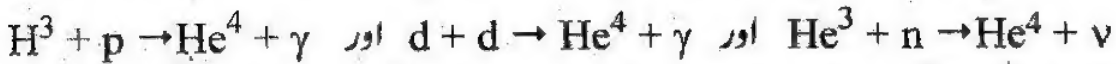
سو سیکنڈ کے بعد تپش 10^9K ہوئی جو اس قدر کم تھی کہ ڈیوٹیران بن سکے۔

(ج) ہیلیئم اصطناع (ہیلیئم تھیسیس):

شروعاتی بڑے دھماکے میں جو ڈیوٹیران اور He^3 پیدا ہوئے، وہ He^4 نواتے پیدا کرنے میں استعمال ہو گئے۔ اِس طرح، اصطناع ہوئی ہیلیئم کی مقدار، t=100sec پر ڈیوٹیران پیداوار کے وقت اوّلیوں اور متعادلوں کی تعداد۔ نسبت سے متعین ہوئی۔ اجتماع شدہ ڈیوٹیران تیزی سے کچھ زیادہ مستقر نواتوں He^3 اور H^3 میں تبدیل ہوتے ہیں، اور پھر کہیں زیادہ مستقر He^4 میں حسبِ ذیل تفاعلات کے ذریعے تبدیل ہو جاتے ہیں:

$$d + d \rightarrow H^3 + p \quad \text{اور} \quad d + d \rightarrow He^3 + n$$

$$d + n \rightarrow H^3 + \gamma \quad \text{اور} \quad d + p \rightarrow He^3 + \gamma$$

$$H^3 + p \rightarrow He^4 + \gamma \quad \text{اور} \quad d + d \rightarrow He^4 + \gamma \quad \text{اور} \quad He^3 + n \rightarrow He^4 + \nu$$

ایک چھوٹی سی باقی ماندہ افراط ڈیوٹیران اور He^3 کی جو آگ کے بگولے میں بچ رہی تھی آج بھی، جیسا کہ نظام شمسی اور بین نجمی وسیط میں مشاہدہ ہوتی ہے، ملتی ہے: $d/H \sim 10^{-4} - 10^{-5}$, $He^3/H \sim 10^{-5}$ ہیلیئم کے ایٹمی نواتے دو اولیوں اور دو متعادلوں کے بندھے ہوئے نظام کے طور پر وجود میں آئے۔ چونکہ تقریباً سارے متعادلے ہیلیئم میں شامل ہو گئے تھے اس لیے محاسبہ بتاتا ہے کہ جو کمیّت مادّہ کسر ہیلیئم بنی وہ تھی:

$$N_{He} M_{He}/(N_{He} M_{He} + N_H M_H) \sim 4 N_{He} /(4 N_{He} + N_H)$$
$$= 2 (n/p) /(1 + 2 n/p) \sim 0.26$$

یعنی کمیّت مادّہ کا 26% ہیلیئم میں بدل گیا۔ یہ مقدار، پیائش شدہ پدائی ہیلیئم اِفراط کے قریب ہے۔

اشعاع دَور:

ہلکیہ دَور کے خاتمے کے بعد، شروعاتی وقت کے کوئی ایک سیکنڈ بعد، اور $T \sim 10^{10}$K پر، توانائی کی سب سے اہم شکل برقو مقناطیسی اشعاع تھا، جب سارے مثبتیے، تفاعل $e^+ + e^- \rightarrow 2\gamma$ کے ذریعے اِفنا پا گئے، حتیٰ کہ $T \sim 3500$ K اور وقت $t \sim (10^{10}/T)^2 = (10^{10}/3500)^2$ sec $\sim 10^6$ years تک (جس کے بعد کائنات کی توانائی کثافت مادّے سے غلبہ یافتہ ہو جاتی ہے)، توانائی کثافت پر نوریوں کا غلبہ تھا، اور شاید ہلکیوں کا بھی۔ اشعاع کی متساوی کمیّتِ مادّہ کثافت (جسے $E=mc^2$ سے حاصل کیا جا سکتا ہے) R^{-4} کی طرح برتاؤ کرتی ہے، جب کہ عمومی مادّہ کثافت R^{-3} کی طرح برتاؤ کرتی ہے۔ اِس طرح اشعاع کمیّتِ مادّہ کثافت زیادہ تیزی سے گھٹتی ہے۔ اشعاع دَور کے ختم ہوتے ہوتے اشعاع کمیّتِ مادّہ کثافت، مادّہ کثافت سے کم ہو گئی تھی۔ اشعاع دور کے خاتمے کے قریب، اشعاع، مادّے سے غیر متقارن (ڈی کپل) ہو گیا۔

ہائیڈروجن کا امتزاج مکرّر (ری کامبینیشن):

جب آگ کے بگولے کی تپش $T \sim 10^5$ K تک گھٹ گئی، جو متساوی ہے ہائیڈروجن کی آیون کاری توانائی ~ 13.6eV کے، تو آزاد، غیر اضافیاتی، اولیے اور برقیے، بالآخر مل کر تفاعل $e^- + p \rightarrow H + \gamma$ کے ذریعے، متعادل ہائیڈروجن بنانے لگے۔ اِس کا معکوسی عمل ہائیڈروجن کو توڑ سکتا تھا لیکن جیسے T مزید گھٹتا ہے تو آگ کے بگولے کے پاس

اس سے کم اوسط توانائی رہ جاتی ہے جو اس طرح کے توڑنے کے لیے ضروری ہوتی ہے۔ اس طرح بر قیئے بالآخر اوٗلیوں سے جُڑ گئے اور $T\sim3500\ K$ پر ہائیڈروجن بنادی۔

مادّہ دَور:

$T\sim3500\ K$ پر ہائیڈروجن بننے کے بعد، آگ کے بگولے کا شفاف اشعاع، مادّہ گیس پر بہت کم اشعاع دباؤ عاید کرتا ہے، اور موخرالذکر مجرّوں کی صورت میں تکاثف پانے لگی۔ مجروں، تاروں اور سیاروں کے بننے کے ساتھ مادّہ دَور شروع ہوا۔ جیسے جیسے ثقل، غالب قوت بنتا جاتا ہے، نور یے محض تماشائی بن جاتے ہیں۔ بدائی کائنات میں کثافت کے بڑھنے گھٹنے کے سبب جو ثقلی عدم استحکام تھا اُس نے مادّہ کے سکڑنے کی راہ دکھائی۔ سکوتی گیس کی اقل ترین کمیت مادّہ جینز کی کمیت مادّہ $M_J = P^{3/2}/(G^{3/2}\ \rho^2)$ ہوتی ہے جہاں ρ اور P کثافت اور دباؤ کو ظاہر کرتے ہیں۔ اشعاع کے عدم تقارن سے پہلے M_J کی قدر $10^{18}\ M_S$ تھی (جہاں M_S سے مراد سورج کی کمیت مادّہ ہے)، جب کہ عدم تقارن کے بعد یہ محض $10^5 M_S$ ہوتی ہے۔ اس بڑے فرق کی وجہ یہ ہوتی ہے کہ عدم تقارن سے پہلے، مادّہ، بڑے اشعاع دباؤ کے زیر اثر ہوتا ہے (کیوں کہ 3/ توانائی کثافت =P ہوتا ہے)۔ عدم تقارن کے بعد اشعاع دباؤ نے گیس کو مزید متاثر نہیں کیا۔

آگ کے بگولے کی موجودہ کیفیت:

کیمیائی عناصر کے بننے کے اپنے نظریے کے جُز کے طور پر گیماؤ اور اُس کے ساتھ کام کرنے والوں نے 1946-48 کے دوران کائناتی آگ کے بگولے کے اشعاع کی بچی کچھی کیفیت کی پیشین گوئی کی۔ بڑے دھماکہ کے بقایاجات کی کھوج پرنسٹن یونیورسٹی کے رابرٹ ڈِکے نے پہلی بار کی۔ پلینک کے کالا بدن منحنی کو لے کر ڈِکے نے نظریاتی طور پر حساب لگایا کہ بڑے دھماکہ کے کائناتی پس منظری اشعاع کو آج کل صفرِ مطلق سے تقریباً 3^0K اوپر کی تپش کا ہونا چاہیے۔ ڈِکے کے ساتھی جِم پیبلز نے بھی تخمینہ لگایا کہ کائنات کے پھیلنے کی وجہ سے بڑے دھماکہ کا اشعاع اب تقریباً 3^0K کا ہونا چاہیے۔ ڈِکے اور پیبلز اِس بات سے پُر اعتماد تھے کہ آلے اُس کائناتی پس منظری اشعاع کو ناپ سکیں گے۔ بالآخر بڑے دھماکہ نظریے کے حامیوں کے 3^0K کی تپش کی پیشین گوئی کا تجرباتی ثبوت 1965 میں بیل تجربہ گاہ کے آرنو پینز یاس اور رابرٹ وِلسن نے مشاہدہ سے دیا جب وہ ہمارے کہکشاں سے آتے اشعاع کی پیمائش کر رہے تھے۔

1965 میں کائناتی پس منظری اشعاع کی دریافت کے بعد، سائنس داں انسانوں کے بنائے زمین کے اطراف چکر لگاتے سیارچے (سیٹیلائٹ) کی مدد سے باہری خلا کی بابت آگہی حاصل کرنے کے لیے بے چین تھے۔ 1989 کے اواخر تک 'کائناتی پس منظر کھوجی' (سی او بی ای، یا، کوبے، یعنی کاسمک بیک گراونڈ ایکسپلورر) کام کے لیے تیار تھا۔ کوبے، تین الگ الگ تجربوں پر مشتمل تھا۔ تفاضلی دُون احمری پس منظر تجربہ (ڈی آئی آر بی ای یا ڈِربے، یعنی ڈیفرینشیل اِنفراریڈ بیک گراونڈ ایکسپیریمنٹ)، بعید دُون احمری مطلق طیف پیما (ایف آئی آر اے ایس یا فِراس، یعنی فار انفراریڈ ایبسلیوٹ اسپکٹرومیٹر)، اور تفاضلی دقیق لہر اشعاع پیما (ڈی ایم آر، یعنی ڈِفرینشیل مائیکروویو ریڈیومیٹر)۔ بعید دُون احمری مطلق طیف پیما کو اس لیے تشکیل دیا گیا تھا کہ یہ پتہ لگ سکے کہ آیا پس منظری اشعاع واقعی کالا بدن طیف والا ہے یا نہیں۔ پس منظری اشعاع پر کالا بدن منحنی (گرو) کا 1% سے بہتر درستی کے ساتھ اطلاق ہوتا ہے۔ کائناتی پس منظر کھوجی کے ذریعے بعید دُون احمری مطلق طیف پیما استعمال کر کے تواتر کے سترسٹھ نقطے کالا بدن طیف کے نظریاتی نقطوں پر پوری طرح درست

بیٹھتے ہیں۔ تفاضلی دُون احمری پس منظر تجربہ کے ڈیزائن کا مقصد کائنات کے سب سے دُور واقع حصوں کا زمین سے پندرہ ارب سے زیادہ نوری سالوں سے زیادہ دُور کا مشاہدہ کرنا تھا اور اُن پدائی مجرّدوں سے آتی دُون احمری روشنی کے معطیات (ڈیٹا) جمع کرنا تھا۔ تفاضلی دُون احمری پس منظر تجربہ کا ڈیٹا ابھی جمع کیا جارہا ہے اور اِس سے نکلنے والے نتیجوں کا ابھی انتظار ہے۔ ڈی ایم آر اِس لیے ڈیزائن کیا گیا تھا کہ ایک درجے کے تین کروڑویں حصے تک کے پیمانے پر ناہم سانگرد (این آئسو ٹروپک) اُفت وخیز (نیچے اوپر) ہونے کی نمایاں سازی کی جاسکے۔ پھلانے (اِنفلیشن) نے پہلے ہی ایسے نیچے اوپر ہونے کی پیشین گوئی کردی تھی۔ 1992 میں جارج اِسموٹ اور اُس کے ساتھیوں نے واشنگٹن میں امریکن فزیکل سوسائٹی کے سالانہ اجلاس میں تفاضلی دقیق لہر اَشعاع پیما کے ڈیٹا کا تجزیہ پیش کیا۔ اُس نے کہا ''انگلش (زبان) میں اتنے اسمائے تفضیل (سُپر لیٹیوز) نہیں ہیں...... کہ جو اِس کہانی کو بیان کرسکیں جو ہم نے مشاہدہ کی ہے...... پندرہ ارب سال پرانے زمانے کے آثار، جو کائنات کی پیدائش کے ساتھ پیدا ہوئے تھے..... ''۔ اگرچہ تپش کے یہ اُتار چڑھاؤ ایک درجے کے تین کروڑویں حصے سے بھی کم پیمانے کے تھے لیکن تپش اور کثافت کے تغیرات کے یہ رقبے چوڑائی میں پچاس کروڑ نوری سالوں سے زیادہ بڑے تھے۔ بڑے دھماکے کے دوران اُبھری یہ نہایت خفیف پریشید گیاں (پرٹربیشنز)، مجرّدوں، اور اِس طرح خود زندگی، کے اُبھرنے کے لیے ضروری تھیں۔

(فزکس بُلیٹن، فروری ۲۰۰۵ء، ڈپارٹمنٹ آف فزکس، علی گڑھ مسلم یونیورسٹی، علی گڑھ کے شکریے کے ساتھ)

☆☆☆

کائناتی دقیق لہری پس منظری اَشعاع

کائناتی دقیق لہری پس منظری اَشعاع (سی ایم بی، یعنی کاسمک مائیکروویو بیک گراونڈ ریڈیئیشن) کی ناہم سانگردی (اَین آئیسوٹروپی) اور ہیئت (فارم) کی دریافت کے لیے سویڈن کی رائل سویڈش اکیڈیمی آف سائنس کی طرف سے ۲۰۰۶ء کا فزکس کا نوبیل انعام ناسا گوڈارڈ اِسپیس فلائٹ سنٹر، گرین بیلٹ، ماری لینڈ، یو ایس اے کے جان سی۔ ماتھیر اور یونیورسٹی آف کیلیفورنیا، برکلے، کیلیفورنیا، یو ایس اے کے جارج ایف۔ اِسموٹ کو دیا گیا۔ یہ پیمائشیں 'کائناتی پس منظر کھوجی پروجیکٹ' کے تفاضلی دُون احمری پس منظر تجربہ، بعید دُون احمری مطلق طیف پیما اور تفاضلی دقیق لہر اَشعاع پیما تجربوں کے ذریعے کی گئیں۔

ذیل کی ترسیم ثابت کرتی ہے کہ (۱) پلانک کا دِیا ہوا کالے بدن اشعاع کی تواتری توزیع کا فارمولا درست تھا، (۲) گرم بڑا دھماکہ نظریہ درست ہے جو کہتا ہے کہ کائنات کوئی پندرہ ارب سال قبل، گرم بڑے دھماکے کے ساتھ پھیلنا شروع ہوئی اور مسلسل ٹھنڈی ہوتی اور پھیلتی جارہی ہے، اور (۳) کائنات کا دقیق لہر پس منظری اَشعاع گرم بڑا دھماکہ کے آثاروں میں ہے اور اب 2.725+ 0.001 K تپش کا رہ گیا ہے کیوں کہ مشاہداتی نقطے اِس تپش کے کالا بدن اَشعاع کی ترسیم پر پوری طرح منطبق ہوجاتے ہیں، جیسا کہ دیکھا جاسکتا ہے۔ یہ اُسی پیمائش کے ایک نتیجے کا اظہار ہے۔ جس پر ماتھیر اور اِسموٹ کو ۲۰۰۶ء کا فزکس کا نوبیل انعام دیا گیا۔

قارئینِ کرام حسبِ ذیل ویب سائٹ پر خود ماتھیر اور اِسموٹ کی زبانی اِس دریافت کا حال سُن سکتے ہیں اور ویڈیو پر

دیکھ بھی سکتے ہیں:

nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/mather-lecture.html اور

nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/smoot-lecture.html